ToolMod Pro-Audio Modulsystem

Benutzerhandbuch

TM233

Tape Simulator





Der TM233 simuliert nicht nur die Bandsättigung, sondern zusätzlich alle wichtigen Effekte einer analogen Bandaufzeichnung. Frequenz- und Phasengang im Bassbereich, Kopfspiegelresonanz, Spaltbreite, Kopftaumelung, Phasengang im Höhenbereich und die Übersprechdämpfung sind in weiten Bereichen einstellbar. Das Gerät ist in horizontaler und vertikaler Ausführung lieferbar. Beide Versionen unterscheiden sich nur durch die Beschriftung der Frontplatte. Der TM233 kann in 1HE und 4HE-ToolMod Rahmen eingebaut werden.

Inhalt

Hinweis

Wir setzen voraus, dass Sie mit der grundsätzlichen Terminologie der Pro-Audio-Technik und den elektrischen und physikalischen Hintergründen vertraut sind. Die Erläuterungen in diesem Manual beschränken sich daher auf die Beschreibung der speziellen Funktionen. Sie finden allgemeinen Informationen zu vielen Themen im White-Paper-Bereich unserer Webseiten: http://www.adt-audio.de/Pro_Audio.html

Dieses Manual ist eine Ergänzung zum **ToolMod Benutzerhandbuch**, das ausführliche Informationen und Sicherheitshinweise zum Pro-Audio Modulsystem **ToolMod** von **adt-audio** enthält. Falls Ihnen dieses Handbuch nicht vorliegt, können Sie es bei uns anfordern oder im PDF-Format von unseren Webseiten downloaden. **Bitte beachten Sie unbedingt die Hinweise im ToolMod Benutzerhandbuch, die wir hier, bei der Beschreibung einzelner Module, nicht wiederholen.**



analoge + digitale Tonstudiotechnik Karl Jüngling
Inh. Dipl.-Ing. Gerd Jüngling e. K.
Scholtwiese 4-6 • D45966 Gladbeck • Deutschland
Tel.: 0(049) 2043 51061 • Fax: 0(049) 2043 56844
E-Mail: info@adt-audio.com • Internet: www.adt-audio.com + www.adt-audio.de

Funktionsprinzip

Der TM233 ist ein aufwendiger Simulator, mit dem alle wichtigen, bei einer analogen Bandaufzeichnung auftreten Effekte in weiten Bereichen regelbar erzeugt. Zusätzlich zum umfangreich ausgestatteten Bandsättigungsgenerator lassen sich die Kopfspiegelresonanz, die Kopftaumelung, die Kopfspaltbreite, sowie die Phasengänge im Bass- und Höhenbereich, die Übersprechdämpfung und der Tiefenabfall simulieren. Die Regelbereiche für alle Parameter sind so ausgelegt, dass neben Studiobandmaschinen auch semiprofessionelle Geräte abgedeckt werden.



Getting Started

So machen Sie sich im Schnellverfahren mit dem Gerät vertraut:

Anfangseinstellungen:

Überprüfen Sie Einstellungen der folgenden Regler und Schalter und korrigieren Sie dieses gglfs. auf die Anfangswerte. Sie verhindern so, dass zufällige Einstellungen einen Einfluss haben.

Low Bereich:

Stellen Sie die Regler LOW-CUT und LOW-Phase (Φ) auf Linksanschlag

Crosstalk Bereich:

Stellen Sie die Regler LOW und HI auf Linksanschlag
Stellen Sie sicher, dass die ON-Taste nicht gedrückt ist

Head-Bumps Bereich:

Stellen Sie den Regler dB auf Linksanschlag
Stellen Sie den Regler f_p zunächst auf ca. 50 Hz

Head-Gap Bereich:

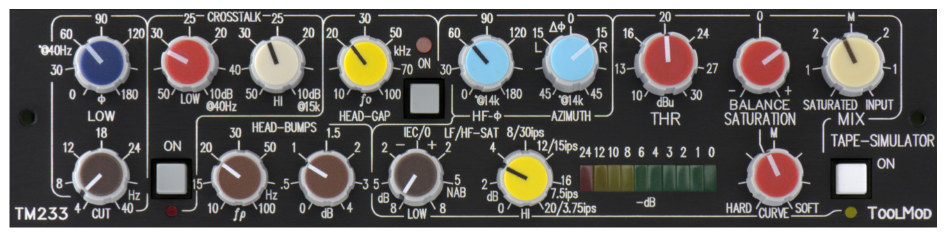
Stellen Sie sicher, dass die ON-Taste nicht gedrückt ist
Stellen Sie den Regler f_o zunächst auf ca. 50 kHz

HF-Phase (Φ):

Stellen Sie diesen Regler auf Linksanschlag

Azimuth:

Stellen Sie diesen Regler in die Mittenrastung



Saturation:

Stellen Sie die Regler LOW und Hi zunächst in die Mittelstellung
Stellen Sie die Regler CURVE und Balance in die Mittelstellung
Stellen Sie den Regler MIX auf Rechtsanschlag
Stellen Sie den Regler THR auf Ihren normalen Arbeitspegel
(Analogwert für Ihr 0 dBFs)
wenn Sie diesen Pegel nicht kennen, stellen Sie THR in die Mittelstellung

Legen Sie nun ein Stereo-Signal auf den Eingang des Moduls, schalten Sie den Tapesimulator ein und hören Sie den Ausgang ab.

Die Funktionen kurz und bündig:

Im Folgenden beschreiben wir so kurz wie möglich die Funktionen der Regler und Schalter. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Funktionen finden Sie im übernächsten Kapitel ab Seite 10.

LOW-Φ

Dieser Regler beeinflusst den Phasengang zwischen Eingang und Ausgang. Drehen Sie den Regler über den ganzen Bereich und achten Sie während der Regelung auf den Bassbereich. Bei transientenreichem Signal hören Sie die Veränderungen durch die Phasenverschiebung deutlich. Je weniger Transienten vorhanden sind, umso geringer wird der Effekt hörbar.

LOW-CUT

Diese Tiefensperre hat den Verlauf des Tiefenabfalls einer Bandmaschine. Der Bereich zwischen 24 Hz und 40 Hz entspricht dem Verhalten verschiedener Studiomaschinen (40 Hz - Telefunken, 24 Hz - diverse Studer)

CROSSTALK LOW

Schalten Sie die Crosstalk-Section ein und regeln Sie den LOW-Regler nach rechts. Sie vergrößern damit das Übersprechen im Bassbereich und reduzieren somit die Basisbreite des Stereosignals bei niedrigeren Frequenzen. Da Richtungshören erst ab ca. 300 Hz möglich ist, wird der Effekt erst sehr weit ‚rechts' hörbar. Sie erreichen mit diesem Regler, ähnlich wie mit einem elliptischen EQ, eine Zentrierung des Bassbereiches und eine ‚Verfestigung' des Bassfundaments.

CROSSTALK HI

Dieser Regler arbeitet analog zum Low-Regler, reduziert aber die Übersprechdämpfung und damit die Stereobasisbreite in den Höhen. Im Gegensatz zum Low-Regler wird der Effekt bereits ab ca. der Mittelstellung hörbar. Wählen Sie eine Einstellung, die den Mix verbessert.



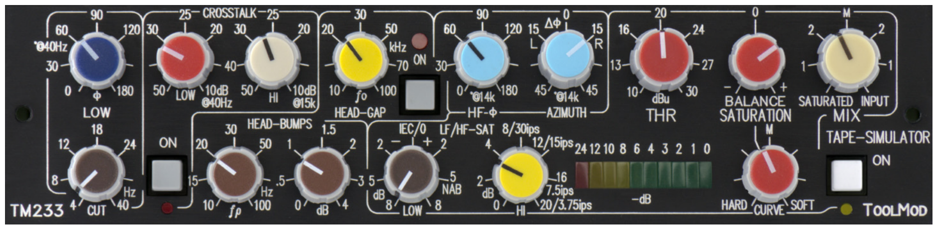
HEAD-BUMPS
Diese beiden Regler erzeugen die Kopfspiegelresonanz. Dieser Effekt, der durch die Auflage des Bandes auf dem Tonkopf zustande kommt, erzeugt eine Welligkeit im Bassbereich, deren Frequenz und Amplitude von den mechanischen Eigenschaften der Maschine bestimmt werden. Stellen Sie mit dem dB-Regler eine Anhebung ein und verschieben Sie die Frequenz mit dem Regler fρ um den Effekt kennenzulernen. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Maschinentypen sind groß. Außerdem verändert sich die Frequenz abhängig von der Bandgeschwindigkeit. Daher gibt es keine wirklich typischen Werte. Versuchen Sie + 3 dB mit einer Frequenz zwischen 50 Hz und 100 Hz. Das Filter erzeugt eine Anhebung bei der eingestellten Frequenz und eine Absenkung mit zwei Dritteln des dB-Wertes bei der doppelten eingestellten Frequenz. Mehr zu diesem Thema finden Sie ab Seite 13.

HEAD-GAP
Schalten Sie das Head-Gap Filter ein. Dieses Filter erzeugt den Effekt der Kopfspaltbreite, die die Höhen beeinflusst. Wenn die Wellenlänge auf dem Band der Kopfspaltbreite entspricht, ergibt sich eine Nullstelle (theoretisch ‚minus unendlich') im Frequenzgang. Bei höheren Frequenzen steigt die Amplitude wieder an. Diesen Verlauf des Frequenzgangs nennt man Spaltfunktion. Das Head-Gap-Filter erzeugt genau diesen Frequenzgang. Sie stellen mit dem Regler die Frequenz der Nullstelle ein. Reale Werte sind ca. 50 bis 70 kHz, Studiomaschine mit 76 cm/sec, ca. 25 kHz, Heimgerät mit 19 cm/sec. Ausführlich beschrieben wird der Effekt der Spaltbreite ab Seite 14.

☞***Dieses Filter entfernt wirksam ‚digitale Höhen'.***

HF-Φ
Dieser Regler beeinflusst den Phasengang zwischen dem Eingang und Ausgang im Höhenbereich. Drehen Sie den Regler über den ganzen Bereich und achten Sie während der Regelung auf die Höhen. Bei Phasenverschiebungen ist die Hörbarkeit stark davon abhängig, wie viele Transienten im Signal vorhanden sind. Je weniger Transienten vorhanden sind, umso geringer wird der Effekt hörbar.

AZIMUTH
Dieser Regler erzeugt den Effekt der Kopftaumelung. Wenn der Kopf nicht exakt rechtwinklig zum Band ausgerichtet ist entsteht eine Phasenverschiebung zwischen den Stereokanälen, die mit zunehmender Frequenz ansteigt. Dies hat einen Einfluss auf die exakte Ortbarkeit punktförmiger Schallquellen. Die Ortung wird ‚schwammig' und unpräzise. Der Regler hat einen Einstellbereich von +/- 45°. Achten Sie während der Regelung auf punktförmige Signale und die Veränderungen in der Breite dieser Signale. Auf Seite 16 finden Sie ausführliche Informationen zur Kopftaumelung.



SATURATION
Dieser Bereich mit insgesamt 6 Reglern dient zur Einstellung der Parameter für die Bandsättigung. Ab Seite 17 wird dieses Thema ausführlich beschrieben.

☝ **Drehen Sie den Regler MIX in Stellung SATURATED bevor Sie beginnen!**

Hier eine kurze, unvollständige und auf das Wesentliche beschränkte Erklärung:
Die Aussteuerbarkeit von Magnetband ist stark frequenzabhängig. Im Wesentlichen ist die Aussteuerbarkeit abhängig von der Bandsorte, der Einmessung der Bandmaschine und der Bandgeschwindigkeit. Bei höheren Pegeln und höheren Frequenzen wird die Aussteuerbarkeit deutlich geringer. Ein Anstieg des Pegels bei der Aufnahme in diesem Bereich führt nicht zu einem höheren Pegel bei der Wiedergabe. Die Bandsättigung wirkt wie ein dynamischer Höhenbegrenzer. Für die Tiefen ergibt sich durch die NAB-Entzerrung geringere Aussteuerbarkeit.

SATURATION THR(eshold)
Mit diesem Regler stellt man den Pegel ein, ab dem Bandsättigung auftritt. Der Regler hat einen Bereich von + 10 dBu bis + 30 dBu. Bei dem eingestellten Pegel beträgt der Klirrfaktor etwa 3 %.

☝ Stellen Sie diesen Regler auf einen Wert einige dB unter Ihrem Arbeitspegel ein.

☞ *Ihr Arbeitspegel ist der analoge Pegel für digitale Vollaussteuerung (0 dBFS). Wenn Sie diesen Pegel nicht kennen, orientieren Sie sich an der Anzeige des Meters und stellen Sie auf eine Anzeige von ca. - 6 dB ein.*

☞ *Der Regelbereich ist für die üblichen Pegel mehr als ausreichend. Wenn Sie bei Linksanschlag des Threshold-Reglers keine Anzeige auf dem Meter von etwa - 3 dB erreichen, modifizieren wir Ihnen den Regelbereich für Ihren Pegel passend. Bitte kontaktieren Sie uns in diesem Fall*

SATURATION BALANCE
Der beim Magnetbandverfahren auftretende Klirrfaktor besteht zum überwiegenden Teil aus dem Klirrkoeffizienten k3. Durch eine Reihe von Seiteneffekten gibt es jedoch ebenfalls einen mehr oder weniger großen Anteil an k2. Mit dem Regler BALANCE kann man das Spektrum der erzeugten Harmonischen nach Geschmack anpassen. In der gerasterten Mittelstellung wird überwiegend k3 erzeugt. Bei Drehung nach links oder rechts erhöht sich der Anteil der geradzahligen Harmonischen k2, k4, usw.. Bei Linksdrehung ist der erzeugte k2 gegenphasig, bei Rechtsdrehung gleichphasig.

☞ Probieren Sie, welche Änderungen Sie mit diesem Regler erzeugen können.



Für die Höhen ist die Stellung des Balance-Reglers nicht bedeutend. Ab 10 kHz liegt der Frequenz der 2ten Harmonischen bereits bei 20 kHz und damit in einem Bereich, in dem die Empfindlichkeit des Ohrs so gering ist, dass keine Verzerrungen mehr hörbar werden. Interessant ist diese Möglichkeit der Färbung vor allem für den mittleren Frequenzbereich und die Tiefen.

SATURATION CURVE
Die Stellung dieses Reglers bestimmt wie stark sich der Klirrfaktor erhöht wenn der Pegel um einen bestimmten Betrag ansteigt. Ein mittlerer Wert für Studioband bei 38 cm/s ist ein Anstieg des Klirrfaktors bei mittleren Frequenzen von 1 % auf 3 %, wenn der Pegel um 4 dB erhöht wird. Etwa dieser Wert ergibt sich in der Mittelstellung des CURVE-Reglers. In Richtung HARD wird der Klirrfaktoranstieg steiler, in Richtung SOFT flacher.

☞ Stellen Sie diesen Regler ausgehend von der Mittelstellung nach Gehör und Geschmack ein.

SATURATION LOW und HI
Da die Bandsättigung frequenzabhängig ist und sich diese Abhängigkeit mit der Bandgeschwindigkeit, der Einmessung der Bandmaschine, dem Bandmaterial und einer Reihe von anderen Faktoren erheblich verändert, kann man mit den Reglern LOW und HI den ‚Frequenzgang' der Bandsättigung in weiten Bereichen anpassen. LOW und HI bilden jedoch keinen normalen Equalizer, sondern einen ***Emphasis-EQ***, dessen Kurven den realen Verläufen, die beim Magnetbandverfahren auftreten, entsprechen.

Emphasis-EQ:
Es sind zwei separate Stereo-Equalizer vorhanden. Der erste Equalizer ist vor dem Bandsättigungsgenerator angeordnet, der zweite EQ liegt hinter dem Generator. Die Regelung mit den Reglern Low und Hi erfolgt synchron in beiden Equalizern, jedoch gegenläufig. Eine Anhebung im ersten Equalizer wird durch eine spiegelbildliche Absenkung im zweiten Equalizer kompensiert. Die Anhebung wird jedoch im Sättigungsgenerator wirksam und bewirkt eine höhere bzw. frühere Sättigung im angehobenen Frequenzbereich.

SATURATION LOW:
In der Mittelstellung erfolgt keine Veränderung. Dies entspricht der in Europa üblichen Entzerrungsnorm IEC (entspricht DIN und CCIR). Nach dieser Norm werden die Tiefen bei den Bandgeschwindigkeiten 38 cm/s, 76 cm/s und 19 cm/s ‚Studio-Entzerrung' nicht bei Aufnahme angehoben. Bei der in den USA üblichen NAB Entzerrung, die auch für Heimgeräte verwendet wird, erfolgt eine Tiefenanhebung von 3 dB bei 50 Hz. Diese Entzerrungsnorm reduziert gleichzeitig die Aussteuerbarkeit im Bassbereich.







☞ Verwenden Sie den LOW-Regler um den Anteil des erzeugten Klirrfaktors im Bassbereich zu erhöhen oder zu verringern. In der Reglerstellung NAB erhalten Sie das Verhalten einer Bandmaschine mit NAB-Entzerrung.

SATURATION HI:
Mit diesem Regler stellen Sie den Verlauf der Bandsättigung für die Höhen ein. Bei Linksanschlag erfolgt keine Veränderung der Höhen. Bei Rechtsanschlag werden die Höhen bei 14 kHz um 20 dB angehoben. Dies entspricht etwa dem Verlust an Aussteuerbarkeit, der bei einem Heimbandgerät mit einer Bandgeschwindigkeit von 9.5 cm/s auftritt. Die Skala des Hi-Reglers ist zusätzlich zu den dB-Werten mit typischen Werten für die Bandsättigung bei verschiedenen Bandgeschwindigkeiten beschriftet.

☞ Drehen Sie den Hi-Regler nach rechts und achten Sie auf die Veränderungen bei den Höhen. Probieren Sie unterschiedliche Threshold-Einstellungen um den Effekt zu verändern.

SATURATION MIX
Mit dem Mix-Regler kann man das Ausgangssignal des Sättigungsgenerators und das Eingangssignal beliebig mischen. Damit erweitern sich die Möglichkeiten erheblich. Durch die Mischung mit dem ungesättigten Signal kann man z. B. eine eigentlich zu stark eingestellte Sättigung dem Original zumischen. Diese Effekte entsprechen zwar nicht dem originalen Verhalten einer Bandmaschine, machen jedoch attraktive Klangeffekte möglich - und dies ist ja der eigentliche Sinn dieses Gerätes.

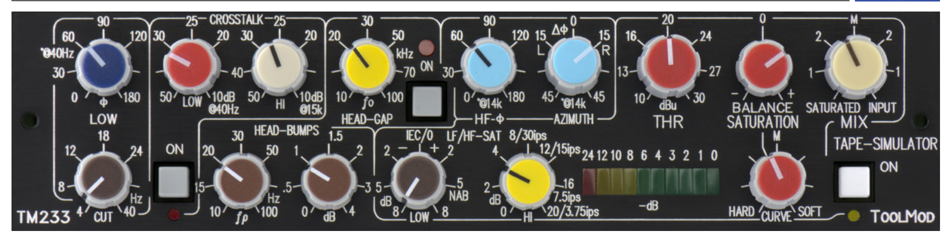
LED-METER
Die Anzeige misst den Pegel vor dem Eingang des Sättigungsgenerators, hinter dem ersten Equalizer. In die Anzeige geht die Stellung des THR-Reglers ein. Damit ist der hier angezeigte Pegel ein Maß für die Bandsättigung bzw. den erzeugten Klirrfaktor. Bei einer Anzeige von 0 dB beträgt der Klirrfaktor etwa 15 %. Klirrfaktor und Pegel verhalten sich nicht linear zueinander. Je nach den Stellungen der Regler CURVE und BALANCE verändert sich der Klirrfaktorwert bei einer bestimmten Anzeige erheblich. Sinn der Anzeige ist daher nicht den exakten Wert des aktuellen Klirrfaktors anzuzeigen, sondern Ihnen einen Überblick über den Bereich zu geben, indem Sie sich zur Zeit bewegen.

Sinn und Zweck des Tape-Simulators

Die analoge Bandaufzeichnung war von der Mitte bis zum Ende des vergangenen Jahrhunderts das Tonaufzeichnungsverfahren schlechthin, zu dem es erst mit den in den 90er Jahren verfügbaren digitalen Aufzeichnungsgeräten eine echte Alternative gab. Von der ursprünglichen Erfindung des dänischen Ingenieurs Poulsen in Jahre 1898/99,







die auf der Speicherung auf einer Klaviersaite beruhte, führte die Entwicklung über ein Verfahren mit Stahlband, das ebenfalls von Marconi hergestellt wurde, im Jahre 1928 zum Papiertonband des Österreichers Fritz Pfleumer. Diese Verfahren waren allesamt nicht praxisgerecht und damit nicht wirklich brauchbar.



Dies änderte sich durch die Entwicklung des Kunststoff-Tonbands durch die Badische Anilin- und Soda-Fabrik (BASF) 1935/1936.



Die technische Weiterentwicklung zur Gebrauchsfähigkeit beruht im Wesentlichen auf der Allgemeinen-Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), die 1935 auf der Funkausstellung in Berlin mit dem ‚Magnetophon K1' das weltweit erste Tonbandgerät vorstellt. Diese erste Generation arbeitete mit einer Gleichstrom-Vormagnetisierung, geringem Dynamikumfang und unzureichendem Frequenzgang. Das Bild rechts oben zeigt das AEG Telefunken*) Magnetophon K1, das 1935 zu einem Preis von 1200 Reichsmark gehandelt wurde.

Mit einem Geräuschabstand von 35 dB und einem Frequenzbereich von 50 Hz bis 6 kHz bei einer Bandgeschwindigkeit von damals noch 77 cm/s, waren diese Geräte die ersten in der Praxis wirklich benutzbaren Bandmaschinen der Welt. Das linke Bild zeigt den direkten Nachfolger, die K2, aus 1936. Diese technischen Daten sind auf heutiger Sicht mehr als schlecht. In den 30er Jahren entsprach jedoch eine Bandbreite von 6 kHz mit 35 dB Geräuschabstand eine extrem hohem Qualitätsniveau. Langwellen- und Mittelwellenradio haben eine Bandbreite von 4.5 kHz, die Kurzwelle liegt ebenfalls in diesem Bereich und diese Verfahren waren und sind mit ganz erheblichen Störungen behaftet. UKW mit 15 kHz Bandbreite gibt es im Laborversuch zwar bereits seit 1925, real genutzt wurde die Ultrakurzwelle mit Frequenzmodulation aber erst in den 50er Jahren.

**) Wer mehr über die Historie der AEG, der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H., System Telefunken und die Verbindungen zu Siemens & Halske wissen möchte, findet hier: http://de.wikipedia.org/wiki/Telefunken ausführliche Informationen.*

1941 wurde durch einen Zufall in den Labors der Reichs-Rundfunkgesellschaft (RRG) von den Technikern Braunmühl und Weber die Hochfrequenz-Vormagnetisierung erfunden, bzw. eher entdeckt. Die Einstellung des Arbeitspunktes durch einen hochfrequenten Wechselstrom anstelle eine Gleichstroms verbesserte den Dynamikumfang um mehr 20 dB und löste eine Reihe von anderen Problemen. Damit wurde das Magnetbandverfah-



ren zum qualitativ höchstwertigen Aufnahmeverfahren für Tonsignale, das im Gegensatz zum Schallplatten-Direktschnitt viel praktikabler eingesetzt werden konnte. Unter anderem hat die Möglichkeit Bänder zu schneiden und in beliebiger Reihenfolge durch Kleben neu zu montieren die Tonaufnahmetechnik revolutioniert. Die Korrektur von Fehlern durch den Bandschnitt war ein anderer, wichtiger Faktor.


Die Telefunken T9


Die ‚kleine' Studio-Maschine Telefunken M5

Nach dem Ende des zweiten Weltkriegs verbreitete sich die bis dahin nur in Deutschland verwendete Technologie weltweit und wurde bereits ca. 1950 zum internationalen Standard für die Aufzeichnung von Tonsignalen. Hier einige Bilder von Klassikern aus den 50er und 60er Jahren, die bis in die späten 70er Jahre noch in vielen Rundfunkanstalten und privaten Studios eingesetzt wurden.


Die Telefunken M10

Unsere Hörgewohnheiten über viele Jahrzehnte machten und machen wir mit Aufnahmen, die mit Bandmaschinen gemacht wurden und die damit auch die Fehler und Probleme dieses Aufzeichnungsverfahren haben. Viele dieser systembedingten Unzulänglichkeiten kommen dem Hörempfinden entgegen und werden nicht als Störung im eigentlichen Sinn empfunden, wogegen die bei digitalen Verfahren auftretenden Nebeneffekte allesamt dem Hörempfinden entgegen wirken. In den Jahren als die digitalen Aufzeichnungs- und Bearbeitungsverfahren neu waren wurden die Nachteile wegen des im Vergleich zu hochwertiger Analogtechnik niedrigen Preises und der Praktikabilität in den Hintergrund gedrängt. Heute jedoch gibt es im Bereich der professionellen Audiotechnik in klanglicher Sicht immer weniger Verfechter rein digitaler Verfahren.


Die Studer C37

Natürlich ist es weder realistisch noch praktikabel, den heutigen Produktionsalltag um 20 Jahre zurückzudrehen und statt auf einer DAW auf einer 24-Spur-Maschine zu produzieren. Einige wenige tun dies wirklich, aber die Kosten, die Verfügbarkeit von noch funktionierenden Maschinen und von Bandmaterial sorgen von ganz allein dafür, dass dies die Ausnahme bleibt. Interessant ist es jedoch in jedem Fall, die Effekte und Störungen, die den Reiz einer analogen Bandaufzeichnung ausmachen, im seinem Instrumentarium zur Verfügung zu haben. Dies war die Idee für den Tape-Simulator.


Eine der ersten Mehrspur-Maschinen, die Studer J37

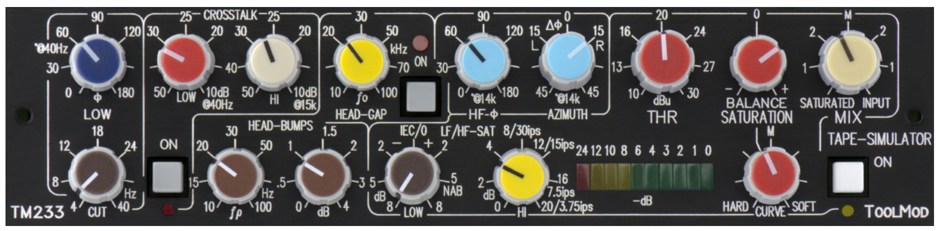


Die Bandsättigung selbst ist zwar ein wesentlicher Teil des Klangcharakters einer Bandaufzeichnung, aber nur mit der Simulation der Sättigung allein fehlen alle anderen, wichtigen Effekte. Wir haben daher aus der Liste der Unzulänglichkeiten der Magnetbandtechnik diejenigen herausgesucht, die wesentlich zum ‚Tape-Sound' beitragen und im Tape-Simulator integriert und die Effekte, die einfach nur Störungen sind, weggelassen. Niemand wird sich ernsthaft dafür begeistern können, die Effekte, die durch das Flattern eines 2-Zoll-Bandes auf den Spuren 1 und 24 mit den dadurch auftretenden Abstandverlusten entstehen einzusetzen. Ebenso ist es kaum sinnvoll mit dem Rauschen einer 24-Spur-Bandmaschine ohne Noise-Reduction den Dynamikumfang einer Produktion zu runieren.

Da **adt-audio** seit Beginn der Fertigung von Studiogeräten in 1978 bis in die Mitte der 80er Jahre ein umfangreiches Programm an Verstärkern für Magnetband- und Magnetfilm-Geräte gefertigt hat und außer unseren eigenen Baureihen A1700, V12 und V15 eine Reihe von OEM-Produkten für verschiedene Hersteller von uns gefertigt wurden, wissen wir sehr genau, was bei der Bandaufzeichnung passiert - eine sehr gute Voraussetzung für die Konstruktion dieses Moduls.

Die Zielsetzung des Tape-Simulators ist es nicht eine ganz bestimmte Bandmaschine möglichst exakt zu simulieren. Beim Einsatz des Moduls in der Praxis ist es nicht wichtig auf einen Knopf zu drücken und das Verhalten einer Studer A80-Mk2 oder einer Telefunken M15A zu simulieren. Dies würde zu den gleichen Ergebnissen führen, die bei den unzähligen Vintage-Geräten und deren Clones zur allgemeinen Frustation führen. Das eine Gerät produziert ‚schöne Höhen', aber man muss die ‚matschigen Bässe' gleich mitkaufen. Eine kernige Färbung im Bass bei einem anderen Gerät, die aber nur in einem Pegelbereich von 2 dB auftritt, bei höherem Pegel in eine unschöne Verzerrung übergeht und mit einer deutlichen ‚Mattierung' der oberen Mitten und Höhen unauflösbar verknüpft ist, ist ebenfalls nicht wirklich nutzbar. Daher ist der Tape-Simulator, wie die anderen Module der ToolMod-Baureihe, die Klirrfaktor und Vintage-Effekte erzeugen können, so aufgebaut, dass man von einer neutralen Einstellung ohne klangliche Beeinflussung ausgehen kann und nur die Effekte hinzufügt, die einen positiven Effekt auf das Endergebnis haben.

Im Folgenden beschreiben wir die einzelnen Funktionen des Moduls ausführlich, mit den entsprechenden Hintergrundinformationen.



Funktionen der Bedienelemente

LOW-Φ und LOW-CUT - Frequenzgang und Phasengang im Bassbereich
Bei der analogen Bandaufzeichnung treten bei den Tiefen mehrere Effekte auf. Die untere Grenzfrequenz liegt - je nach Maschinentyp, Bandgeschwindigkeit, usw. - im Bereich von ca. 20 Hz bis 40 Hz und es tritt eine erhebliche Phasenverschiebung auf. Ferner gibt es bei den Tiefen die Kopfspiegelresonanz (Head-Bumps), die im Tape-Simulator mit einem speziellen Filter realisiert wird.

Der Frequenzgang fällt unterhalb der maschinenspezifischen Frequenz zunächst mit ca. 6 dB/Okt. ab. Die Flanke wird zu niedrigeren Frequenzen dann steiler. Das Low-Cut-Filter im Tape-Simulator ist diesem Verhalten angepasst und zwischen 4 Hz und 40 Hz regelbar. Bei der eingestellten Frequenz beträgt der Tiefenabfall 3 db. Eine realistische Gr undeinstellung für dieses Filter ist 24 Hz (z. B. diverse Studer-Maschinen, 38 cm/s).

Der Phasengang zwischen Ein- und Ausgang einer Bandmaschine ist aufgrund der Verzögerung durch den Abstand zwischen Sprechkopf und Hörkopf schwierig zu messen. Überwindet man diese Hürde, stellt sich heraus, dass die Phasenverschiebung im Bassbereich deutlich größer als die eines ‚normalen' Hochpassfilters mit gleichem Frequenzgang ist. Zur Nachbildung dieses Verhaltens dient das Phasenfilter, dessen Regelbereich von 0° bis 180° bei 40 Hz beträgt. Hier regelt man die zusätzlich zum Hochpassfilter auftretende Phasenverschiebung. Nach unseren Aufzeichnungen über die Messungen an realen Bandgeräten ergibt sich ein mittlerer Wert für eine Standardeinstellung von 90 °.

CROSSTALK LOW und HI - Übersprechdämpfung für Tiefen und Höhen

Schlechte Werte für die Übersprechdämpfung lassen sich bei der Magnetbandaufzeichnung nicht vermeiden. Eine der Ursachen liegt darin, das sich die Magnetfelder der einzelnen Spulen im Tonkopf für die übereinander liegenden Spuren gegenseitig beeinflussen. Eine wirksame Abhilfe ist hier nur begrenzt möglich. Für Stereogeräte verwendet man sogenannte Schmetterlingsköpfe, deren spezielle Form eine Verbesserung der Übersprechdämpfung mit sich bringt.

Bei den Tiefen ist die Streuung des Bandflusses das wesentliche Problem. Der Wiedergabekopf ‚empfängt' nicht nur die Magnetisierung der Spur, auf die er ausgerichtet ist, sondern auch einen kleinen Teil der Magnetisierung der benachbarten Spuren. Daher ist die Übersprechdämpfung der Tiefen extrem schlecht. Der Effekt ist vom Abstand der Spuren auf dem Band und von der Frequenz abhängig. Die umseitige Tabelle zeigt Werte für die Übersprechdämpfung bei 38 cm/s.



Spurabstand	0.5 mm	0.75 mm	1 mm	2 mm	5 mm
30 Hz	2 dB	3 dB	4 dB	8 dB	20 dB
60 Hz	5 dB	7 dB	9 dB	18 dB	40 dB
300 Hz	12 dB	20 dB	32 dB	> 40 dB	> 40 dB
3000 Hz	> 40 dB	> 40 dB	> 40 dB	> 40 dB	> 40 dB

Um dieses Problem zu minimieren, muss man den Spurabstand so groß wie möglich machen. Diese Forderung widerspricht aber der Forderung nach einer möglichst großen Spurbreite, da sich der Rauschabstand mit sinkender Spurbreite verschlechtert (genauer gesagt, 3 dB mehr Rauschen bei der Halbierung der Spurbreite). Mit den umseitig erwähnten, speziellen Tonköpfen (wegen der Form ‚Schmetterlings-Köpfe' genannt) erreicht man mit einem 1/4-Zoll Band bei Stereoauszeichnung mit 2 x 2.75 mm Spurbreite und 0.75 mm Trennspur 40 dB bei 1 kHz. Mehrspurmaschinen und auch Zweispurmaschinen verwenden Trennspurbreiten im Bereich von 2 mm und arbeiten mit speziellen Abschirmungen innerhalb der Tonköpfe um das Übersprechen auch im Bassbereich in erträglichen Grenzen zu halten.

Für Stereosignale ist eine Übersprechdämpfung von etwa 20 dB ausreichend. Ab einem Pegelunterschied zwischen dem linken und dem rechten Stereokanal in dieser Größenordnung, hört man nur noch den lauteren Kanal. Es gibt hier kleine, individuelle Unterschiede, jedoch ist dieser geringe Wert für Stereotechnik eine Tatsache. Im Bereich unter 300 Hz ist das menschliche Gehör nicht in der Lage zu orten. Der Ohrabstand und die Reaktionszeit des Gehirns bestimmen diese Grenze, die jedoch ebenfalls, nach unseren Erfahrungen, individuell unterschiedlich ist. Eine sehr geringe Übersprechdämpfung ‚ganz unten' ist daher nicht unbedingt ein Problem. Eine Bandmaschine mit ihrem schlechten Übersprechen bei den Tiefen wirkt hier sogar positiv, da der Bassbereich ‚zentriert' wird. Es findet hier ein Effekt statt, der auch mit einem elliptischen Equalizer erzeugt wird.

Für die Mitten und die Höhen gilt zwar ebenfalls 20 dB als kritische Grenze für Stereosignale, hier allerdings werden Werte von weniger als 20 dB als Verengung der Stereobasis hörbar.

Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, dass diese Werte nur für Stereoaufzeichnung gelten und auch nur hier tolerabel sind. Bei unabhängigem Programm auf den einzelnen Spuren sind deutlich bessere Werte für das Übersprechen notwendig, die sich jedoch mit Mehrspurmaschinen nur sehr schwierig realisieren lassen.

Im Tape-Simulator hat der Crosstalk-Generator einen eigenen Bypass-Schalter. Sofern



Sie Übersprechen nicht als Effekt einsetzen möchten, bleibt die Übersprechdämpfung jenseits der 70 dB-Marke über den gesamten Audiobereich.

Beide Regler ermöglichen die Regelung der Übersprechdämpfung im Bereich von 50 dB bis 10 dB. Beim Low-Regler beziehen sich die Werte auf 40 Hz; beim Hi-Regler auf 15 kHz. Mit diesen Bereichen sind alle Varianten der Magnetbandaufzeichnung abgedeckt.

Tipp:
Probieren Sie den Effekt der Basszentrierung auf einen Mix!
Schalten Sie hierzu den Crosstalk-Generator ein und drehen Sie den LOW-Regler auf Rechtsanschlag. Vergleichen Sie durch Aus- und Einschalten des Crosstalk-Generators und korrigieren Sie die Reglerstellung solange, bis Sie keinen Unterschied in der **Breite** des Stereosignals mehr hören. Vergleichen Sie dann den Gesamteindruck mit und ohne reduziertes Übersprechen.

Reduzieren Sie dann das Übersprechen im Höhenbereich auf 20 dB oder weniger. Abhängig von Ihrem Mix erhalten Sie oft trotz eines geringen Verlustes an Basisbreite eine Verbesserung.

Head-Bumps

Die **Kopfspiegelresonanz** ist ein Effekt, der bei den Tiefen auftritt und durch die Auflage des Bandes auf dem Kopf hervorgerufen wird. Es entsteht eine Welligkeit mit einer Absenkung im Bereich von ca. 50 Hz bis ca. 150 Hz und einer in den meisten Fällen etwas doppelt so großen Anhebung bei der Hälfte dieser Frequenz. Die Frequenzen sind von der Bandgeschwindigkeit abhängig. Bei einer Umschaltung von 38 cm/s auf 76 cm/s verschieben sich die Resonanzfrequenzen auf die doppelten Werte.

Die Auflagefläche des Bandes auf dem Tonkopf, der Umschlingungswinkel und der Aufbau der Bandführung verändern diesen Effekt, der jedoch bei jeder Bandmaschine nachweisbar bleibt. ‚Weltmeister' in der Beherrschung der Kopfspiegelresonanz ist Studer. Bei fast allen Studermaschinen ist die Welligkeit im Vergleich zu Fabrikaten wie z. B. Otari minimal.

Klanglich ist der Effekt eher von Vorteil als von Nachteil, obwohl die Abweichungen in einem Bereich liegen, der üblicherweise bei einem Mastering schon als zu viel des Guten betrachtet werden würde. Die Absenkung im Bereich um die 100 Hz und die gleichzeitige Anhebung bei der halben Frequenz betont den unteren Bassbereich und ‚entlastet' gleichzeitig den Bereich, in dem alle Bassinstrumente gleichzeitig vertreten sind. Durch den Abstand zwischen Anhebung und Absenkung von nur einer Oktave wird man mit einem normalen Equalizer eine solche Filterung kaum realisieren.







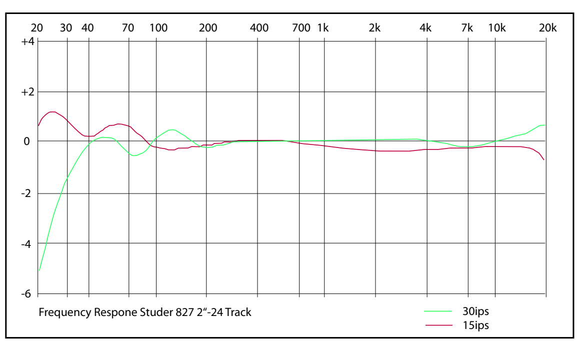
Die drei Diagramme stammen aus Aufzeichnungen von Messungen an realen 24-Spur-Bandmaschinen, jeweils bei 38 cm/s und 76 cm/s. Es ist unschwer zu erkennen, dass die Studio 827 insgesamt deutlich ausgeglichener ist als die MX80 von Otari und die 3M-M79, die zumindestens bei 38 cm/s mit einer Anhebung von 4 dB bei 40 Hz und einem Buckel von knapp 3 dB bei 10 kHz eigentlich eher ein Equalizer mit 2 Festeinstellungen, umgeschaltet mit der Bandgeschwindigkeit, als eine Bandmaschine ist.

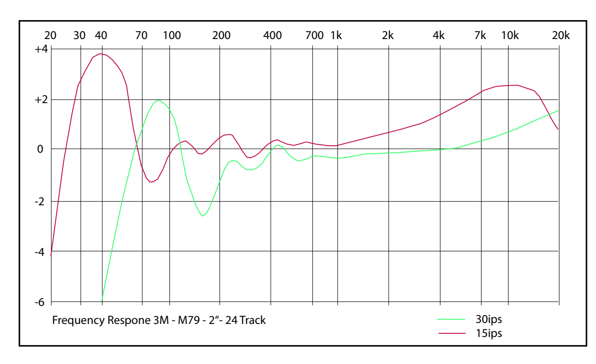
Das Head-Bumps Filter im Tape-Simulator ermöglicht Ihnen die Einstellung einer beliebigen Kurve mit dem prinzipiellen Verlauf der Kopfspiegelresonanz.

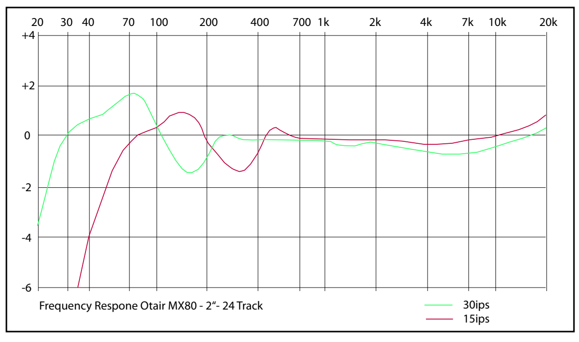
Der Frequenzregler f_ρ bestimmt die Anhebungsfrequenz; die Absenkung bei der doppelten Frequenz wird automatisch mitgeregelt.

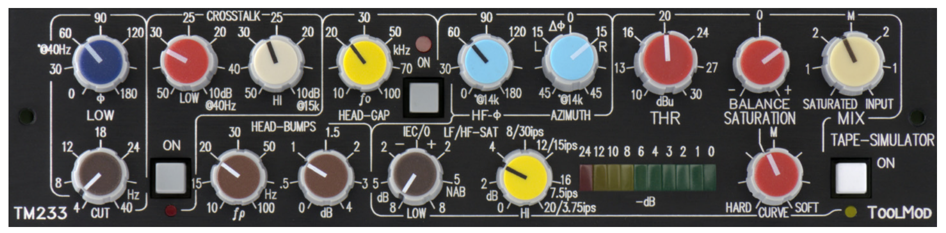
Das Verhältnis zwischen Anhebung und Absenkung beträgt 3 zu 2; eine Anhebung von 3 dB hat eine Absenkung von 2 dB bei der doppelten Frequenz zur Folge. Die Anhebung lässt sich bis zu 4 dB regeln.

Bei Linksanschlag des dB-Reglers ist das Head-Bumps Filter nicht aktiv.





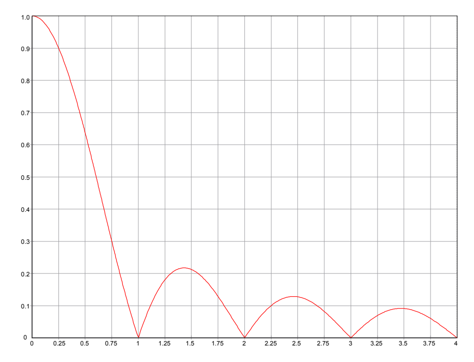




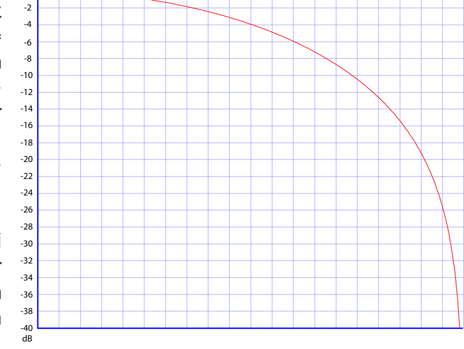
HEAD-GAP - Spaltfunktion des Tonkopfes



Die Spaltbreite der Tonköpfe bestimmt wesentlich den Verlauf des Frequenzgangs einer Bandmaschine für die Höhen. Abhängig von der Bandgeschwindigkeit ergibt sich für jede Frequenz eine bestimmte Wellenlänge auf dem Band, die man mit der einfachen Formel Bandgeschwindigkeit / Frequenz berechnen kann. Bei einer Bandgeschwindigkeit von 38 cm/s beträgt die Wellenlänge eines 40 Hz Sinustons 9.525 mm; bei einer Frequenz von 15 kHz beträgt die Wellenlänge auf dem Band bei gleicher Geschwindigkeit nur noch 0.0254 mm = 25.4 µm. Übliche Spaltbreiten für Studio-Tonköpfe liegen im Bereich von 2 bis 10 µm für Wiedergabeköpfe und zwischen ca. 5 und ca. 20 µm für Aufnahmeköpfe.



Wenn die Wellenlänge auf dem Band mit der Spaltbreite des Tonkopfes übereinstimmt, löscht sich die gesamte Schwingung komplett aus. Bei dieser Frequenz entsteht eine Nullstelle im Frequenzgang. Theoretisch fällt der Pegel bei dieser Frequenz aus ‚minus unendlich' ab; in der Praxis misst man einen Einbruch im Bereich von 40 dB. Erhöht man diese Frequenz über diesen Wert, ist der Mittelwert der Magnetisierung über die Spaltbreite nicht mehr Null; der Pegel steigt zunächst wieder an und fällt dann erneut ab, bis er bei der doppelten Frequenz, die exakt in den Kopfspalt passt, erneut eine Nullstelle erreicht. Bereits im Frequenzbereich unterhalb der ersten Nullstelle sinkt der Pegel ab. Der Verlauf des Frequenzgangs in diesem Bereich entspricht dem Absolutwert des ‚Sinus cardinalis' = sin(x) / x = Spaltfunktion. Die Grafik oben zeigt den Verlauf des Betrags dieser Funktion. Bei 1 entspricht die Wellenlänge der Spaltbreite. Dort liegt die erste Nullstelle. Bei jedem Vielfachen der Spaltbreite treten weitere Nullstellen auf.



Interessant ist hier weniger der Verlauf bei kleineren Wellenlängen als der Abfall bis zur ersten Nullstelle. Die Grafik rechts zeigt den Abfall in dB für diesen Bereich. Im Bereich



bis zur halben Frequenz der ersten Nullstelle beginnt der Abfall sehr flach, wird aber umso steiler, je weiter man die Frequenz erhöht. Bei einer Bandgeschwindigkeit von 38.1 cm/s und einer oberen Grenzfrequenz von 20 kHz liegt die erste Nullstelle bei einer Wellenlänge auf dem Band von 19.05 µm. Mit einem vertretbaren und in den Verstärkern korrigierbaren Abfall von 4 dB, darf der Kopfspalt nicht breiter als die Hälfte der Wellenlänge, also in diesem Beispiel knapp 10 µm, sein. Bei 19 cm/s halbiert sich dieser Wert natürlich auf 5 µm. Angemerkt sei, dass zusätzlich durch den durch die Spaltfunktion bedingten Höhenabfall eine Reihe von weiteren Effekten auftreten, die zu einem etwas größeren Höhenabfall führen. In der Realität misst man bei der halben Frequenz der ersten Nullstelle einen etwa 0.5 dB größeren Abfall. Der grundsätzliche Verlauf dieser Kurve verändert sich dadurch jedoch nicht wesentlich.

In der Praxis ist dieser Frequenzgang in den Höhen einer der Effekte, die eine Bandmaschine ‚schön' und ‚analog' klingen lassen. Wir haben daher bei der Konstruktion des Filters im Tape-Simulator, das die Spaltfunktion erzeugt sehr viel Aufwand betrieben. Da dieses Filter wie eine Höhensperre wirkt, hat es einen eigenen Bypass-Schalter. Die Bedienung beschränkt sich auf die Einstellung der Frequenz mit dem Regler f_0. Die Skalierung bezeichnet die Frequenz der ersten Nullstelle. Der Bereich beginnt bei 100 kHz und reicht bis 10 kHz hinunter.

☞ **Verwenden Sie dieses Filter zur Entfernung von ‚digitalen Höhen'.** Regeln Sie vom Rechtsanschlag langsam nach links und finden Sie den Punkt, bei dem Sie eine Verbesserung der oberen Höhen hören, aber noch kein hörbarer Höhenabfall auftritt.

HF-Φ - Phasengang der Höhen

Über Aufnahme und Wiedergabe tritt eine zusätzliche, erhebliche Phasenschiebung nicht nur im Bereich der Tiefen, sondern auch bei den Höhen auf. Der HF-Φ-Regler ermöglicht eine zusätzliche Phasenverschiebung, die zwischen 0° und 180° bei 14 kHz regelbar ist. Phasenverschiebungen zwischen Eingang und Ausgang wirken sich auf die Zusammensetzung der Harmonischen im Einschwingvorgang eines Klanges aus. Das menschliche Ohr erkennt und unterscheidet an der Zusammensetzung der Harmonischen Klänge. Phasenverschiebungen hier werden subtil in der Form von Klangveränderungen umso mehr hörbar, je transientenreicher die Einschwingvorgängen sind. Bei Rauschen und Signalen mit einer rauschähnlichen Struktur werden Phasenverschiebungen zwischen Ein- und Ausgang kaum hörbar.

☞ Regeln Sie mit einem Signal, das reich an Transienten bei den Höhen ist diesen Regler über den gesamten Bereich durch um den Effekt kennenzulernen. Während einer schnellen Regelung hören Sie ein Phasing. Regeln Sie daher sehr langsam und vergleichen Sie durch Ein- und Ausschalten des Moduls das Ergebnis mit dem Original.



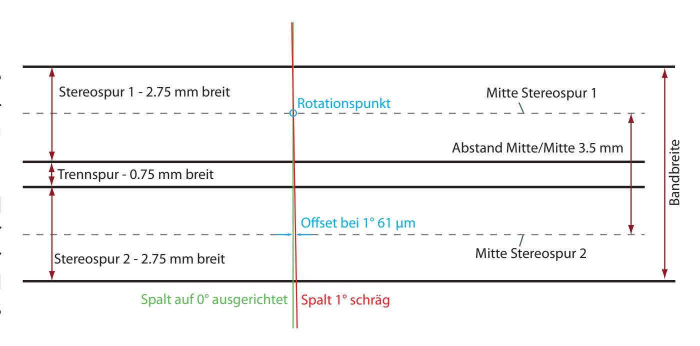
AZIMUTH - Kopftaumelung

Wenn die Tonköpfe nicht exakt rechtwinklig zum Band ausgerichtet sind, treten zwei Effekte auf. Zum einen vergrößert sich die mechanische Breite des Kopfspaltes mit dem Sinus des Winkels des Verstellung:

$$\text{effektive Kopfspaltbreite} = \text{mechanische Kopfspaltbreite} * (1 + \sin(\varphi))$$

Bei einer Schiefstellung von $\varphi = 1$ Grad verbreitert sich der effektiv wirksame Spalt um den Faktor 1.0175, also weniger als 2 %.

Wichtiger als die Verbreiterung des Spaltes ist die gleichzeitig bei Mehrkanalköpfen auftretende Phasenverschiebung. Steht der Kopf schief, verändert sich die zeitliche Zuordnung der untereinander angeordneten Spuren zueinander. Bei Stereoaufnahmen ist dieser Fehler kritisch. Eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Stereokanäle wirkt sich auf die Präzision der Ortung aus. Ein Phasenfehler von wenigen Grad bewirkt bereits eine ‚schwammige' Ortung; punktuelle Schallquellen auf der Stereobasis werden breiter wahrgenommen. Bei erheblichen Phasenverschiebungen ist eine Ortung einzelner Instrumente kaum noch möglich.



Bei einer Bandgeschwindigkeit von 38 cm/s beträgt die Wellenlänge eines 15 kHz Tons 25.4 µm und damit 70.5 nm pro Grad. Bei einer studioüblichen Stereoaufzeichnung auf 1/4"-Band mit 0.75 mm Trennspur beträgt die Breite der Spuren des linken und rechten Kanals jeweils 2.75 mm. Der Abstand der Spuren von der Mitte der linken zur Mitte der rechten Spur beträgt also 3.5 mm. Wenn der Tonkopf um 1 Grad verstellt wird, verändert sich die Position der Kanäle bereits um ca. 61 µm. Bei einer Frequenz von 15 kHz mit einer Wellenlänge auf dem Band von 25.4 µm entspricht eine Verschiebung von 61 µm bereits etwa 2.4 kompletten Schwingungen und damit einer Phasenverschiebung von ca. 865 Grad!

Erfahrungsgemäß werden aber bereits Phasenverschiebungen von weniger als 10° durch eine Veränderung der räumlichen Wahrnehmung hörbar. Um bei 38 cm/s eine Phasenverschiebung bei 15 kHz von weniger als 10° zu erreichen darf die Verschiebung nur 0.704



µm betragen. Dies entspricht einer Winkeldifferenz von 0.0115°, ein Wert der nur schwierig erreichbar ist. Wer die Azimuthjustage an einer realen Bandmaschine mit einem Zweistrahloszillografen schon einmal durchgeführt hat weiß, wie sensibel diese Einstellung ist, bei der man kaum jemals eine wirklich stabile Deckung der Phasenlage der beiden Kanäle erreicht. Kleinste Gleichlaufschwankungen wirken sich in diesem Bereich bereits aus und führen dazu, dass man nue einen möglichst guten Mittelwert einstellen kann.

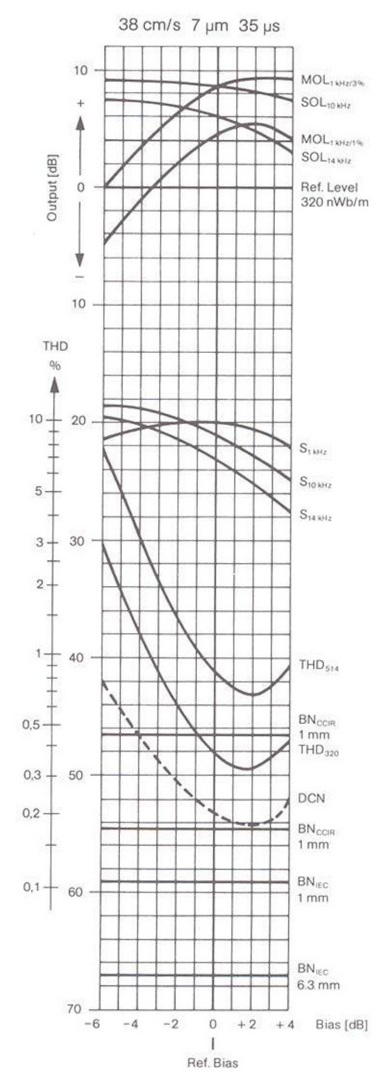
Der Azimuth-Regler ermöglicht die Simulation der Effekte der Kopftaumelung. Der Regelbereich für die Phasenverschiebung zwischen den Stereokanälen bei 14 kHz beträgt +/- 45°. Die Mittelstellung hat eine Rastung und ist auf 0° kalibriert.

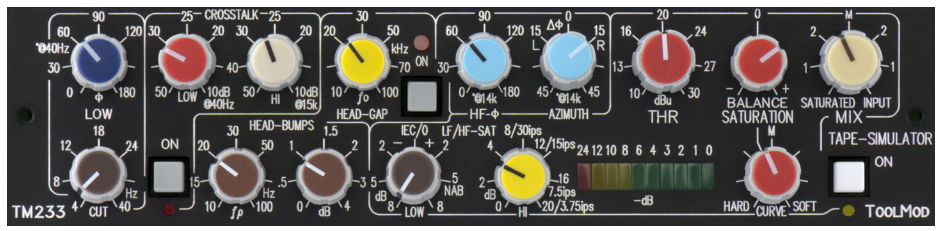
☞ Verstellen Sie den Azimuth-Regler und achten Sie auf subtile Veränderungen in der räumlichen Abbildung!

SATURATION - Bandsättigung

Der Bereich zur Einstellung der Parameter für die Bandsättigung besteht aus insgesamt 6 Reglern. Bevor wir die Funktionen der einzelnen Regler erläutern, einige allgemeine Erklärungen zu diesem Thema.

Die Abbildung rechts zeigt einen Auszug aus dem Datenblatt eines Studiobandes mit den Parametern für eine Bandgeschwindigkeit von 38 cm/s, einer Kopfspaltbreite von 7 µm und einer IEC-Entzerrung mit einer Zeitkonstante von 35 µs. Wir verzichten hier auf eine ausführliche Erläuterung aller Parameter und beschränken uns auf die Angaben, die für die Bandsättigung von Bedeutung sind. Die Angaben für Höhenaussteuerbarkeit $SOL_{10\,kHz}$ und $SOL_{14\,kHz}$ in der Relation zur Vollaussteuerung MOL_{1kHz} geben die jeweiligen Werte mit Bezug auf ein Referenzleerband an. SOL bedeutet Saturation Output Level, MOL Maximum Output Level. Der MOL-

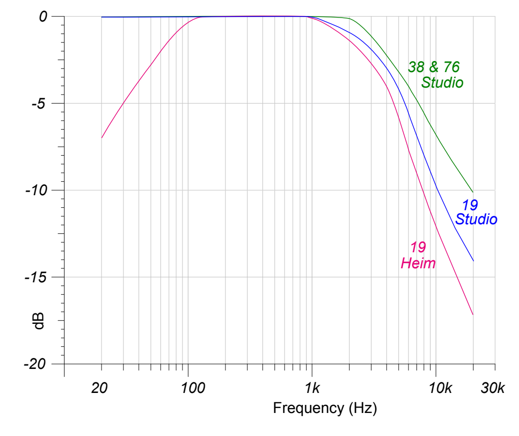




Wert bezieht sich auf einen Klirrfaktor von 3 % bzw. 1 % mit Referenz zum Bezugspegel. Die Kurven zeigen die Veränderungen der Werte abhängig von der Einstellung der Vormagnetisierung. Wie gesagt, diese Angaben beziehen sich auf das normierte Referenzleerband und sind daher für die absolute Aussteuerbarkeit in Abhängigkeit von der Frequenz nicht aussagekräftig.

Da bei höheren Frequenzen die Eindringtiefe der Feldlinien in die Magnetschicht des Bandes immer geringer wird, reduziert sich - einfach gesagt - der maximale Pegel, der bei einer bestimmten Frequenz auf einem bestimmten Bandtyp mit einer bestimmten Vormagnetisierungseinstellung und einer bestimmten Bandgeschwindigkeit aufgezeichnet und wiedergegeben werden kann. Die Eindringtiefe ist der wesentliche Faktor jedoch nicht der Einzige. Viele andere, ebenfalls bei höheren Frequenzen kritischer werdende Effekte, spielen hier ebenfalls eine Rolle. Dies ausführlich zu beschreiben würde den Rahmen dieses Handbuchs sicherlich sprengen. Beschäftigen wir also mit den auftretenden Effekten ohne weiter auf die Theorie einzugehen.

Misst man den Frequenzgang über Band und erhöht man zwischen den einzelnen Messgängen jeweils den Pegel, so ergibt sich folgendes Bild. Bei einem Pegel von 20 dB unter Nennpegel sind unabhängig von der Bandgeschwindigkeit und den anderen aufgeführten Faktoren noch keine Sättigungseffekte vorhanden. Mit höher werdendem Pegel misst man jedoch einen Höhenabfall, der umso größer wird, je weiter der Pegel erhöht wird. Macht man diese Messung mit unterschiedlichen Bandgeschwindigkeiten, so ergibt sich zusätzlich eine Abhängigkeit von der Bandgeschwindigkeit. Je niedriger die Bandgeschwindigkeit ist, umso größer ist der Höhenabfall bei einem bestimmten Pegel.



Bei einer sehr hohen Aussteuerung und ohne Rücksicht auf den Klirrfaktor ergeben sich im Mittel etwa folgende Kurven für die verschiedenen Bandgeschwindigkeiten:

Die Werte im Diagram sind Mittelwerte aus einer ganzen Reihe von Messungen, die wir Anfang der 80er Jahre im Rahmen der Entwicklung und Fertigung von Magnettonverstärkern durchgeführt und protokolliert haben. Sie beziehen sich auf damals übliche Bandsorten (Agfa PER525, BASF LGR30P) und übliche Einmessungen. Die Kurve für ‚19



cm/s Heim(tonbandgerät)‘ bezieht auf eine NAB-Entzerrung mit der zusätzlichen Tiefenanhebung. Alle anderen Werte beziehen sich auf eine DIN/IEC-Entzerrung mit Zeitkonstanten von 70 µs bei 19, und 35 µs bei 38 cm und 76 cm. Mit einer Entzerrungszeitkonstanten von 17.5 µs bei 76 cm ergeben sich übrigens bessere Werte für die Höhenaussteuerbarkeit, die wir leider jedoch damals nicht protokolliert haben. Alle Verläufe verändern sich im Bereich von mehreren dB, je nachdem welches Bandmaterial mit welcher Vormagnetisierungseinstellung verwendet wird. So ist es mit verschiedenen Bändern der letzten Generation möglich, bei entsprechender Einmessung bei 38 cm/s und 20 kHz weniger als 5 dB Abfall zu erreichen. Die aus den Kurven erkennbaren Trends bleiben jedoch gleich; d. h., bei geringerer Bandgeschwindigkeit vergrößert sich der Höhenabfall deutlich.

Der klangliche Effekt

Interessanter als der technische Hintergrund ist der durch die Bandsättigung auftretende, klangliche Effekt. Bei höherer Aussteuerung steigt der Klirrfaktor breitbandig immer weiter an. Gleichzeitig tritt durch die Bandsättigung in den Höhen ein Abfall auf, der umso größer wird, je höher der Pegel ist. Aggressive, harte Höhen werden dadurch automatisch immer dann abgeschwächt, wenn der Pegel in den Sättigungsbereich gelangt. Der Effekt entspricht dem eines weichen Begrenzers, der jedoch nur die Höhen beeinflusst. Bei einer zum Programm passenden Kombination von Einmessung, Bandsorte, Bandgeschwindigkeit und Pegel verschwindet ‚Härte‘ in den Höhen. Da bei kleineren Pegeln der Frequenzgang linear bleibt, wird das Signal trotzdem nicht dumpf.

Der im Bereich der Bandsättigung auftretende Klirrfaktor besteht zu einem überwiegenden Teil aus dem Klirrkoeffizienten k3; es kommen also Quinten über der Oktave des Grundtons hinzu. Bei einer Frequenz von 5 kHz liegen die entstehenden Verzerrungen bereits bei 15 kHz und damit an der oberen Grenze des Hörbereichs, wo das Ohr bereits eine sehr geringe Empfindlichkeit hat, die die Hörbarkeit des Klirrfaktors stark reduziert. Bei etwas höheren Frequenzen liegt die dritte Harmonische weit oberhalb von 20 kHz und damit nicht nur außerhalb des Hörbereichs, sondern auch außerhalb des nutzbaren Frequenzbereiches einer Bandmaschine. Da der Klirrfaktor nicht als störender Faktor in Erscheinung tritt, bleibt der oben beschriebene Effekt der ‚Analogisierung‘ aggressiver Höhen übrig.

Für den klanglichen Effekt zur Höhenbeeinflussung ist es natürlich sinnvoller einen aus rein technischer Sicht ungünstigen Frequenzverlauf der Sättigung zur Verfügung zu haben. Da der Klirrfaktor ja nur bei den Höhen nicht mehr hörbar ist, treten bei einem flachen Verlauf der Sättigung mit guter Höhenaussteuerbarkeit im mittleren Frequenzbereich und bei den Tiefen deutlich hörbare Verzerrungen auf, wenn die Sättigung bei den Höhen wirksam wird. Auf der anderen Seite darf der Sättigungseffekt natürlich nicht so weit gehen, dass der Höhenabfall schon bei geringen Pegeln auftritt.



Die Schwierigkeiten beim Einsatz des Effektes liegen darin, dass man eine reale Bandmaschine nicht im laufenden Betrieb an das aktuelle Programm anpassen kann. Die Einmessung auf andere Werte ist während des Aufnahmebetriebs nicht realistisch durchführbar. Ein weiteres Problem liegt darin, exakt den richtigen Pegel für den gewünschten Effekt zu finden. Selbst wenn dies gelingt, hat man keinen wirklichen Einfluss auf den Verlauf des Höhenabfalls.

Diese Probleme existieren beim Tape-Simulator nicht. Hier passt man nicht das Programm an die Maschine an, sondern verändert alle Parameter der Bandsättigung solange, bis man zu einem guten Ergebnis gekommen ist.

Die Funktionen der Bedienelemente des Sättigungsgenerators im Detail

THR - Threshold der Bandsättigung

Dieser Regler verschiebt den Pegelbereich der Sättigung zwischen + 10 dBu bis + 30 dBu. Beim eingestellten Pegel erreicht der Klirrfaktor einen Wert von ca. 3 %, der jedoch, abhängig von den Einstellungen der im Folgenden beschriebenen Bedienelemente, größer oder auch kleiner sein kann. Falls Ihr Arbeitspegel deutlich unterhalb von - 10 dBu liegt, kontaktieren Sie uns bitte. Der Arbeitsbereich lässt sich zwar nicht ohne Weiteres deutlich vergrößern ohne die Eigenschalten des Sättigungsgenerators zu verschlechtern, wir können jedoch den gesamten Arbeitsbereich passend zu Ihrem Pegel verschieben.

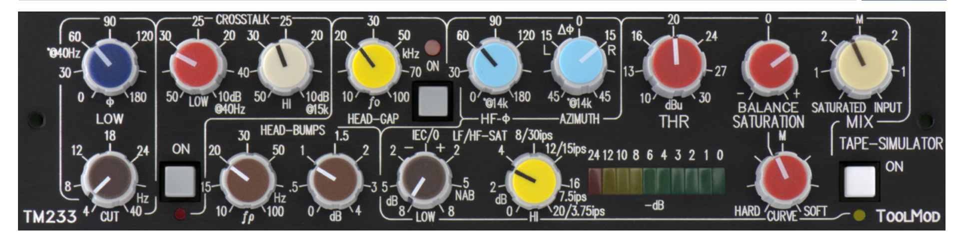
Je niedriger der Threshold eingestellt ist, umso stärker wird der Sättigungseffekt und gleichzeitig der Klirrfaktor im Bass- und Mittenbereich.

BALANCE - Spektrum der erzeugten Harmonischen

In der Mittelstellung des Reglers erzeugt der Sättigungsgenerator überwiegend k3 und unterdrückt die geradzahligen Harmonischen. Dies entspricht dem originalen Verhalten einer Bandmaschine. Abhängig von der Einmessung und den Verstärkern des Bandgerätes tritt zusätzlich zu k3 ein mehr oder weniger großer Anteil an k2 auf. Der Balance-Regler ermöglicht es, die Verteilung der Harmonischen im Sättigungsbereich zu verändern. Außerhalb der Mittelstellung erhöht sich der Anteil an k2, k4 und k6, wobei die Pegel der höheren Harmonischen deutlich niedriger bleiben als der Pegel von k2. Bei Linksdrehung sind die geradzahligen Harmonischen gegenphasig, bei Rechtsdrehung gleichphasig.

CURVE - Pegelbereich der Sättigung

Bei einer typischen Einmessung steigt der Klirrfaktor im mittleren Frequenzbereich bei



einer Pegelerhöhung von 4 bis 6 dB von z. B. 1 % auf 3 % an und steigt dann über 2 bis 5 dB auf Werte von 10 %. Auch dies ist eine Konstante, die sich durch die Bandsorte, die Einmessung und die Bandgeschwindigkeit ergibt. Mit dem Regler CURVE kann man den Anstieg des Klirrfaktors abhängig vom Pegel beeinflussen. In der Mittelstellung M entspricht das Verhalten einem Mittelwert aus verschiedenen Bandsorten und Einmessungen. In Richtung HARD wird der Anstieg des Klirrfaktors steiler; in Richtung SOFT flacher. Diese Einstellung beeinflusst natürlich nicht nur den Klirrfaktor, sondern - in Verbindung mit den Reglern HI und LOW - auch die Bandsättigung.

MIX - Zumischung der Bandsättigung

Die Funktion dieses Reglers ist in einer realen Bandmaschine nicht vorhanden. MIX ermöglicht es stufenlos zwischen dem Eingangssignal des Sättigungsgenerators und dem Ausgangssignal zu regeln. In der Stellung INPUT ist der Bandsättigungsgenerator inaktiv, in der Stellung SATURATED wird nur das Ausgangssignal des Generator weitergeführt. Dazwischen erfolgt eine Mischung beider Signale.

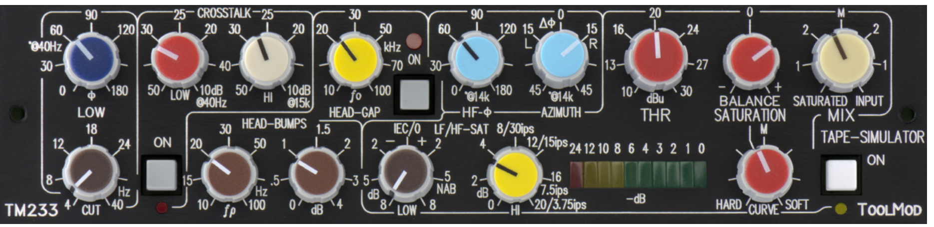
Durch den MIX-Regler ergibt sich eine Reihe von zusätzlichen Möglichkeiten. Zum einen kann man den Effekt der Bandsättigung beliebig abschwächen, indem man den Anteil des Originalsignals vergrößert. Zum anderen kann man eine extreme Sättigungskennlinie einstellen, die bereits bei sehr niedrigen Pegeln einsetzt und allein nicht sinnvoll verwendbar ist und dieses Signal dann dem Original zumischen. Damit erhält man Sättigungseffekte im mittleren Pegelbereich, die man an die Grenze der Hörbarkeit herunter regeln kann.

LOW und HI
Frequenzgang-Einstellung der Sättigung für Höhen und Tiefen.

Diese beiden Regler bestimmen die Frequenzabhängigkeit der Bandsättigung, bzw. den Frequenzgang des Klirrfaktor-Anstiegs. Das Filter ist als Emphasis-Equalizer ausgeführt. Die Regler bedienen also synchron 2 gekoppelte Stereo-Equalizer, von denen der eine vor dem Sättigungsgenerator und der andere hinter dem Sättigungsgenerator angeordnet ist. Die Regelverläufe beider Equalizer sind umgekehrt; eine Anhebung im ersten EQ wird durch eine spiegelbildliche Absenkung im zweiten EQ wieder kompensiert. Dadurch arbeitet nur der Sättigungsgenerator selbst mit der eingestellten Anhebung bzw. Absenkung.

HI - Höhenregler für die Bandsättigung

Die Stellung des HI-Reglers bestimmt den Grad der Höhenabsenkung im Sättigungsbereich. Der Bereich für die Anhebung reicht von 0 dB bis 20 dB. Die Mittelstellung entspricht einem Mittelwert für Bänder und Einmessungen bei 38 cm/s.. Bei Regelung nach rechts durchläuft man die Kurven für 19 cm/s - Studioentzerrung, 19 cm/ s - Heimentzerrung. Das Verhalten eines Heimgerätes bei 9.5 cm/s erhält man bei Rechtsanschlag



des HI-Regler. Die Werte für die verschiedenen Bandgeschwindigkeiten sind auf der Skala zusätzlich markiert. Dieser Regler bestimmt das Verhalten bei den oberen Mitten und Höhen. Bei Linksanschlag findet keine Höhenanhebung vor dem Generator statt.

LOW - Tiefenregler für die Bandsättigung

Der Low-Regler beeinflusst den Frequenzgang der Bandsättigung bzw. des Klirrfaktoranstiegs bei den Tiefen. Mit diesem Regler lässt sich unter anderem der Einfluss der NAB Entzerrung, die eine zusätzliche Tiefenanhebung mit einer Zeitkonstante von 3180 µs hat, erzeugen. Der Tiefenregler hat einen Regelbereich von +/- 8 dB, sodass auch Absenkungen eingestellt werden. In der Mittelstellung findet keine Veränderung der Tiefen statt.



Anschlüsse

Der TM233 ist ein ToolMod 4U-Modul, das zwei benachbarte Steckplätze in einem 1HE-ToolMod Rahmen oder zwei übereinander liegende Steckplätze in einem 4HE-Rahmen benutzt. Der Ein- und Ausgänge der beiden Stereokanäle nutzen die XLR-Anschlüsse.

Lage der Anschlüsse im 1HE-Rahmen und 4HE-Rahmen

In diesem Beispiel ist der Tape-Simulator auf den Rahmenplätzen 1 und 2 eingebaut. Verwendet man andere Rahmenplätze, verschieben sich die Anschlüsse entsprechend.

Eingang links:
XLR IN1a
Ausgang links:
XLR OUT1a
Eingang rechts:
XLR IN2a
Ausgang rechts:
XLR OUT2a



Die Belegungen beim **Einbau in einen 4HE-Rahmen** sind identisch. Die Anschlüsse für den linken Kanal sind hier unten angeordnet, die des rechten Kanals oben.



Technische Daten

Ausführung
ToolMod Modul Größe 4U

Versionen
TM233h - horizontale Frontplatte
TM233v - vertikale Frontplatte

Stromversorgung
Tool-Serie Standard
Versorgungsspannungen +/- 25 V und + 48 V Phantom
Stromaufnahme +/- 250 mA bis 300 mA, einstellungsabhängig

Eingänge
erdsymmetrisch, Stereo

Nennpegel	+ 6 dBu - Gain
maximaler Pegel	≥ + 30 dBu - Gain
Eingangsimpedanz	20 Hz - 20 kHz, > 7 kΩ
Nenn-Quellimpedanz	≤ 50 Ω
Symmetrie	15 kHz > 65 dB, typisch 75 dB 1 kHz > 80 dB, 40 Hz > 90 dB

Ausgänge
erdsymmetrisch, Stereo

Nennpegel	+ 6 dBu
maximaler Pegel	≥ + 30 dBu
Quellimpedanz	20 Hz - 20 kHz, < 50 Ω
Lastwiderstand	≥ 1200 Ω für P_{max} +30 dBu, ≥ 600 Ω für P_{max} + 27.5 dBu, ≥ 300 Ω für P_{max} + 22 dBu
Lastkapazität	≤ 6 nF || 2 kΩ @ 20 kHz THD = 1 %, + 30 dBu ≤ 15 nF || 2 kΩ @ 20 kHz THD = 1 %, + 26 dBu ≤ 20 nF || 2 kΩ @ 20 kHz THD = 1 %, + 22 dBu
Symmetrie (IEC)	> 40 dB, 40 Hz - 15 kHz

Verstärkung
intern kalibriert auf 0 dB +/- 0.3 dB ohne Beeinflussungs-Baugruppen, interne Bypass-Schalter in Stellung OFF, Regler in neutraler Einstellung

Frequenzgang
3 dB Grenzen < 10 Hz bis > 150 kHz (ohne Regelung)
Leistungsbandbreite für Headroom ≥ + 30 dBu von 10 Hz bis > 50 kHz
Linearität ≤ ± 0.2 dB ohne Regelung zwischen 20 Hz und 50 kHz
(Der Frequenzgang wird durch eine Vielzahl von Funktionen des TM233 beeinflusst)

Phasengang
20 Hz-20 kHz < +30/-15° bei linearer Einstellung
(Der Phasengang wird durch eine Vielzahl von Funktionen des TM233 beeinflusst)

Klirrfaktor
< + 28 dBu, 40 Hz ... 20 kHz, < 0.1 %,
maximaler Klirrfaktor bei + 30 dBu < 1 %
jeweils ohne Regelung / Regler in neutraler Stellung
- der Einsatz der Bandsättigung beeinflusst gewollt den Klirrfaktor

Übersprechen
> 70 dB, 40 Hz ... 15 kHz
(Die Übersprechdämpfung wird durch eine Vielzahl von Funktionen des TM233 beeinflusst)

Fremdspannung
<= -92 dBu
<= -90 dBu bei Einsatz der Bandsättigung mit 5 % Klirrfaktor
(RMS Messung 22Hz-22kHz)

Geräuschspannung	<= -96 dBu <= -94 dBu bei Einsatz der Bandsättigung mit 5 % Klirrfaktor (Messung mit A-Bewertungsfilter/AVG)
Dynamikumfang	>= 122 dB >= 120 dB bei Einsatz der Bandsättigung mit 5 % Klirrfaktor (mit Bezug auf den RMS Wert 22Hz-22kHz) >= 126 dB >= 124 dB bei Einsatz der Bandsättigung mit 5 % Klirrfaktor (mit Bezug auf den dBA Wert)
Low-Cut	Tiefensperre mit einem dem bei einer analogen Bandmaschine auftretenden, angepassten Verlauf Regelbereich von 4 Hz bis 40 Hz (- 3 dB Punkt) mittlere Flankensteilheit 12 dB/Okt.
Low-Phase	Regelung der Phasenverschiebung zwischen Eingang und Ausgang Regelbereich 0 bis 180° bei 40 Hz
Crosstalk On	Bypass-Schalter für die Crosstalk-Regler Low und Hi
Crosstalk Low	Regelung der Übersprechdämpfung im Bassbereich Regelbereich 50 dB bis 10 dB bei 40 Hz
Crosstalk Hi	Regelung der Übersprechdämpfung im Höhenbereich Regelbereich 50 dB bis 10 dB bei 15 kHz
Tiefensperren	begrenzt den Frequenzbereich, in dem Harmonische generiert werden Regelbereich: 10 Hz bis 400 Hz, umschaltbar auf 400 Hz bis 16 kHz, Flankensteilheit 12 dB/Okt.
Head-Gap On	Bypass-Schalter für das Head-Gap Filter
Head-Gap	spezielles Tiefpass-Filter mit dem Verlauf der Spaltfunktion des Tonkopfes Regelbereich der Eckfrequenz von 10 kHz bis 100 kHz
Head-Bumps	spezielles Low-Filter mit dem Verlauf der Kopfspiegelresonanz Regelbereich der Anhebung 0 dB bis 4 dB Regelbereich der Mittenfrequenz (der Anhebung) 10 Hz bis 100 Hz eine Absenkung mit dem halben dB-Wert der Anhebung bei der halben eingestellten Frequenz erfolgt automatisch
HF-Phase	regelt den Phasengang zwischen Eingang und Ausgang im Höhenbereich Regelbereich 0 bis 180° bei 14 kHz
Azimuth	regelt den Einfluss der Kopftaumelung im Höhenbereich Regelbereich der Phasenverschiebung zwischen den Stereokanälen +/- 45° bei 14 kHz, kalibrierte Mittenrastung bei 0°
Saturation	parametrischer Bandsättigungsgenerator mit regelbarem Threshold, regelbarer Balance, regelbarem Anstieg der Verzerrung und durch zwei Regler einstellare Entzerrung, für Höhen und Tiefen getrennt. Ein Mix-Regler ermöglicht die Überblendung und Mischung des gesättigten Signals mit dem Originalsignal

Entzerrung Low:	Emphasis-Entzerrer mit +/- 8 dB Regelbereich, abgestimmt auf eine Zeitkonstante von 3180 µs / 50 Hz eine Anhebung bzw. Absenkung vor dem Sättigungsgenerator wird durch eine gegenläufige Absenkung bzw. Anhebung hinter dem Sättigungsgenerator kompensiert Mittenrastung auf 0 dB kalibriert, Position für NAB-Entzerrung auf der Skala markiert
Entzerrung High:	Emphasis-Entzerrer mit 0 bis + 20 dB Regelbereich, abgestimmt auf einen Verlauf mit dem die Kurven von DIN/IEC- und NAB-Entzerrungen bei verschiedenen Bandgeschwindigkeiten eine Anhebung bzw. Absenkung vor dem Sättigungsgenerator wird durch eine gegenläufige Absenkung bzw. Anhebung hinter dem Sättigungsgenerator kompensiert Mittenrastung auf 0 dB kalibriert, die Positionen für verschiedene Bandgeschwindigkeiten sind auf der Skala markiert
THR(eshold):	bestimmte den Einsatzpegel der Sättigung Regelbereich + 10 dBu bis + 30 dBu für 3 % Klirrfaktor (der Regelbereich kann nach Kundenangabe auch für geringere Arbeitspegel angepasst werden)
Saturation Balance:	bestimmt das Spektrum der generierten Harmonischen in der Mittelstellung (0) - k3 mit hoher Unterdrückung der geradzahligen Harmonischen außerhalb der Mittelstellung wird der Effekt einer falschen Vormagnetisierungseinstellung auf das Spektrum simuliert (höhere Anteile der geradzahligen Harmonischen im Spektrum)
Saturation Curve:	bestimmt den Anstieg des Klirrfaktors im Verhältnis zum Pegel HARD: steiler Anstieg des Klirrfaktors M: Mittelwert SOFT: weicher Anstieg des Klirrfaktors
Mix:	Mischt das Ausgangssignal des Sättigungsgenerator mit dem Eingangssignal INPUT - nur Eingangssignal, ohne Sättigung SATURATED - nur Ausgang des Sättigungsgenerators M - Mischung beider Signal 1 zu 1
Anzeige:	LED-Kette mit 10 LED‘s und einem Anzeigebereich von 24 dB Misst den Eingangspegel des Sättigungsgenerators, bei 0 dB beträgt der Klirrfaktor - abhängig von den Einstellungen der Saturation-Regler etwa 15 %
Bypass-Schalter	Hardbypass des gesamten Moduls



Allgemeines

Die in diesem Handbuch enthalten Informationen stellen keine zugesicherten Eigenschaften im juristischen Sinne dar und sind keine Garantie für bestimmte Ergebnisse beim Einsatz der Geräte. Maßgebend ist der technische Stand der jeweiligen Baureihe, der von den hier enthaltenen Beschreibungen durch Weiterentwicklung und Verbesserung der Produkte abweichen kann. Technische Änderungen bleiben, auch ohne vorherige Ankündigung, vorbehalten.

Urheberrecht

Warenzeichen und Marken

adt-audio und **ToolMod** sind beim deutschen Patentamt eingetragene Warenzeichen der Fa. Karl Juengling. Alle anderen Produktnamen und Warenzeichen gehören den jeweiligen Inhabern.

CE-Konformitätserklärung

Hersteller:	Fa. Karl Juengling
Produkttyp:	Elektroakustisches Gerät
Produkt:	ToolMod Pro-Audio Modulsystem, bestehend aus Modulen, Trägerrahmen, Netzgeräten und Zubehörteilen
Prüfingenieur:	Gerd Juengling

Prüfgrundlagen:
EN50081-1:1992, EN50082-1:1992, EN60065:1993 Schutzklasse 1,
EN61000-3-3:1995, EN61000-3-2:2000, EN60065:2002, EN55013:2001,
EN55020:2002, Niederspannungsrichtlinie 73/23 EWG; 93/68 EWG

Hiermit erklären wir, dass die Bauart des ToolMod Systems den aufgelisteten Richtlinien entspricht.

Entsorgung und Umweltschutz

Ausgediente Elektro- und Elektronikgeräte dürfen nicht als Hausmüll entsorgt werden. Sie können Elektro- und Elektronikschrott an den örtlichen Sammelstellen oder Recycling-Zentren abgeben. Informationen erhalten Sie bei den örtlichen Behörden.
WEEE-Registrierung: DE 59049716

analoge + digitale Tonstudiotechnik Karl Jüngling
Inh. Dipl.-Ing. Gerd Jüngling e. K.
Scholtwiese 4-6 • D45966 Gladbeck • Deutschland
Tel.: 0(049) 2043 51061 • Fax: 0(049) 2043 56844
E-Mail: info@adt-audio.com • Internet: www.adt-audio.com + www.adt-audio.de